

Partial English Translation of Japanese Patent Laying-Open No. 10-242513

[0010]

[MEANS FOR SOLVING THE PROBLEMS] A light emitting diode according to claim 1 of the present invention includes an LED chip, and a photoluminescent phosphor for absorbing at least part of light emitted from the LED chip and performing wavelength conversion to emit light. The LED chip is a nitride-based compound semiconductor, and the photoluminescent phosphor is an yttrium/aluminum/garnet-based phosphor activated with cerium.

[0011] Further, in a light emitting diode according to claim 3 of the present invention, the LED chip is a gallium nitride-based compound semiconductor, and the photoluminescent phosphor is a  $(RE_{1-x}Sm_x)_3(Al_{Ga_{1-y}})_5O_{12}:Ce$  phosphor, where  $0 \leq x < 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ , and RE is at least one type selected from Y, Gd.

[0012] Furthermore, in a light emitting diode according to claims 2 and 4 of the present invention, the LED chip which is a nitride-based compound semiconductor has an emission spectrum in which a main peak has an emission wavelength in the range of from 400 nm to 530 nm, and a main emission wavelength of the photoluminescent phosphor is longer than the main peak of the LED chip.

[0037] (LED chips 102, 202, 702)

An LED chip is preferably embedded in a molding member 104, as shown in Fig.

1. The LED chip used in a light emitting diode of the present invention is a nitride-based compound semiconductor capable of efficiently exciting an yttrium/aluminum/garnet-based phosphor activated with cerium. The nitride-based compound semiconductor (general formula:  $In_iGa_jAl_kN$ , where  $0 \leq i$ ,  $0 \leq j$ ,  $0 \leq k$ ,  $i+j+k=1$ ) includes various semiconductors, such as InGaN and GaN doped with various types of impurities. The LED chip serving as a light emitting element has a semiconductor such as InGaN formed on a substrate as an emission layer by MOCVD or the like. A

structure of the semiconductor may be a homostructure, a heterostructure or a double heterostructure having a MIS junction, a PIN junction, a PN junction or the like.

Various emission wavelengths can be selected depending on the material for the semiconductor layer and a mixture ratio thereof. Alternatively, the structure may be a single quantum well structure or a multiple quantum well structure in which a

semiconductor active layer is formed on a thin film produced by quantum effect.

Specifically, in the present invention, an active layer in the LED chip has a single quantum well structure of InGaN, thus preventing deterioration of the photoluminescent phosphor and realizing a light emitting diode which emits light with higher luminance.

[DESCRIPTION OF THE REFERENCE SIGNS]

101, 701 ... coating portion containing photoluminescence

102, 202, 702 ... LED chip

103, 203 ... conductive wire

104 ... molding member

105 ... mount lead

106 ... inner lead

**LIGHT EMITTING DIODE AND DISPLAY DEVICE USING THE SAME**

Publication number: JP10242513 (A)

Also published as:

Publication date: 1998-09-11

JP2927279 (B2)

Inventor(s): SHIMIZU YOSHINORI; SAKANO AKIMASA +

Applicant(s): NICHIA KAGAKU KOGYO KK +

Classification:

- international: H04N5/66; G09F9/00; H01L33/00; H04N5/66; G09F9/00; H01L33/00; (IPC1-7): H01L33/00; G09F9/00; H04N5/66

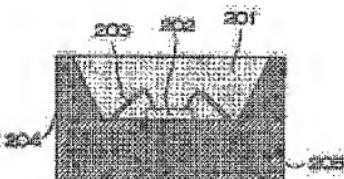
- European:

Application number: JP19970218149 19970728

Priority number(s): JP19960359004 19961227; JP19960245381 19960918; JP19960198585 19960729; JP19970218149 19970728

**Abstract of JP 10242513 (A)**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To reduce the luminous efficiency deterioration and color slumping of a light emitting diode even when the diode is used for a long time under a high-luminance condition, by respectively constituting the LED chip and photoluminescent phosphor of the diode of a nitride compound semiconductor and cerium-reactivated yttrium aluminum garnet phosphor. **SOLUTION:** An LED chip 202 using a gallium nitride semiconductor is fixed in an enclosure 204 of a chip type LED with an epoxy resin, etc. An epoxy resin in which a (RE<sub>1-x</sub> Sm<sub>x</sub>)<sub>3</sub> (Al<sub>y</sub> Ga<sub>1-y</sub>)<sub>5</sub> O<sub>12</sub> : Ce phosphor is scattered is uniformly cured as a molded member 201 which protects the LED chip 202, conductive wires, etc., from the external stresses. The cerium-reactivated yttrium aluminum garnet phosphor is scattered in the epoxy resin as a photoluminescent phosphor.

Data supplied from the **espacenet** database — Worldwide

(19)日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-242513

(43)公開日 平成10年(1998)9月11日

(51)Int.Cl.<sup>4</sup>

H 01 L 33/00

G 09 F 9/00

H 04 N 5/66

識別記号

3 3 7

1 0 3

F I

H 01 L 33/00

C

G 09 F 9/00

3 3 7 A

H 04 N 5/66

1 0 3

審査請求 有 前求項の数7 FD (全 17 頁)

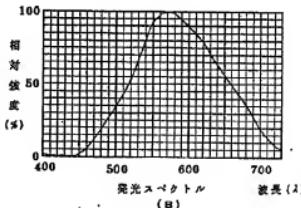
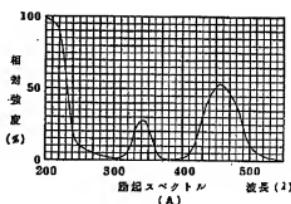
(21)出願番号	特願平9-218149	(71)出願人	000226057
(22)出願日	平成9年(1997)7月28日		日亜化学工業株式会社 徳島県阿南市上中町岡491番地100
(31)優先権主張番号	特願平8-198585	(72)発明者	清水 義則 徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化 学工業株式会社内
(32)優先日	平8(1996)7月29日	(72)発明者	阪野 駿正 徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化 学工業株式会社内
(33)優先権主張国	日本 (JP)	(74)代理人	弁理士 登橋 康弘
(31)優先権主張番号	特願平8-245381		
(32)優先日	平8(1996)9月18日		
(33)優先権主張国	日本 (JP)		
(31)優先権主張番号	特願平8-359004		
(32)優先日	平8(1996)12月27日		
(33)優先権主張国	日本 (JP)		

(54)【発明の名称】 発光ダイオード及びそれを用いた表示装置

(57)【要約】

【課題】 高輝度、長時間の使用環境下においても発光光率の低下や色ずれを少なくする。

【解決手段】 発光ダイオードは、LEDチップと、LEDチップからの発光の少なくとも一部を吸収し波長変換して発光するフォトルミネセンス蛍光体とを有する。LEDチップは、塗化物系化合物半導体で、フォトルミネセンス蛍光体がセリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム・ガーネット系螢光体である。



【請求範囲】  
【請求項1】 LEDチップと、該LEDチップからの発光の少なくとも一部を吸収し波長変換して発光するフォトルミネセンス蛍光体とを有する発光ダイオードにおいて、

前記LEDチップが窒化物系化合物半導体で、前記フォトルミネセンス蛍光体がセリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体であることを特徴とする発光ダイオード。

【請求項2】 前記窒化物系化合物半導体であるLEDチップの発光スペクトルの主ピークが400nmから530nm内の発光波長を有し、且つ前記フォトルミネセンス蛍光体の主発光波長が前記LEDチップの主ピークより長い請求項1に記載される発光ダイオード。

【請求項3】 LEDチップと、該LEDチップからの発光の少なくとも一部を吸収し波長変換して発光するフォトルミネセンス蛍光体とを有する発光ダイオードにおいて、

前記LEDチップが窒化物系化合物半導体で、前記フォトルミネセンス蛍光体が(Re<sub>1-x</sub>S<sub>x</sub>)<sub>3</sub>(Al<sub>y</sub>G<sub>1-y</sub>)<sub>5</sub>O<sub>12</sub>:Ce蛍光体であることを特徴とする発光ダイオード。ただし、0≤x<1、0≤y≤1、REは、Y、Gdから選択される少なくとも一種である。

【請求項4】 前記窒化物系化合物半導体であるLEDチップの発光スペクトルの主ピークが400nmから530nm内の発光波長を有し、且つ前記フォトルミネセンス蛍光体の主発光波長が前記LEDチップの主ピークより長い請求項3に記載される発光ダイオード。

【請求項5】 マウント・リードのカッピ内に配置させたLEDチップと、該LEDチップと導電性ワイヤーを用いて電気的に接続させたインナー・リードと、前記カッピ内に充填させたコーティング部材と、該コーティング部材、LEDチップ、導電性ワイヤー及びマウント・リードとインナー・リードの少なくとも一部を被覆するモールド部材と、を有する発光ダイオードであって、前記LEDチップが窒化ガリウム系化合物半導体であり、かつ前記コーティング部材が(Re<sub>1-x</sub>S<sub>x</sub>)<sub>3</sub>(Al<sub>y</sub>G<sub>1-y</sub>)<sub>5</sub>O<sub>12</sub>:Ce蛍光体を有する遮光性樹脂であることを特徴とする発光ダイオード。ただし、0≤x<1、0≤y≤1、REは、Y、Gdから選択される少なくとも一種である。

【請求項6】 前記フォトルミネセンス蛍光体の組成が次の一般式で示されることを特徴とする請求項1、請求項3又は請求項5記載の発光ダイオード。

(Y<sub>1-p-q-r</sub>G<sub>p</sub>D<sub>q</sub>C<sub>r</sub>S<sub>m</sub>N<sub>n</sub>)<sub>3</sub>(Al<sub>1-q</sub>G<sub>q</sub>)<sub>5</sub>O<sub>12</sub>  
ただし、0≤p≤0.8  
0.003≤q≤0.2  
0.0003≤r≤0.08 (ただし、p+q+r≤1)  
0≤m≤1

【請求項7】 請求項5記載の発光ダイオードをマトリックス状に配置したLED表示器と、該LED表示器と電気的に接続させた駆動回路と、を有するLED表示装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】 本願発明は、LEDディスプレイ、バックライト光源、信号機、照光式スイッチ及び各種インジケーターなどに利用される発光ダイオードに係わり、特に発光素子であるLEDチップからの発光を変換して発光させるフォトルミネセンス蛍光体を有し使用環境によらず高輝度、高効率な発光装置である白色系が発光可能な発光ダイオード及びそれを用いた表示装置に関する。

##### 【0002】

【従来の技術】 発光ダイオード（以下、LEDともいう）は、小型で効率が良く鮮やかな色の発光をする。また、半導体素子であるため球切れなどの心配がない。駆動特性が優れ、操作やON/OFF点灯の繰り返しに強いと20いう特長を有する。そのため各種インジケータや種々の光源として利用されている。最近、超高輝度高効率な発光ダイオードとしてRGB（赤、緑、青色）などの発光ダイオードがそれぞれ開発された。これに伴いRGBの三原色を利用したLEDディスプレイが省電力、長寿命、軽量などの特長を生かして飛躍的に発展を遂げつつある。

【0003】 発光ダイオードは使用される発光層の半導体材料、形成条件などによって紫外から赤外まで種々の発光波長を放出させることができる。また、優れた30単色性ビーム波長を有する。

【0004】 しかしながら、発光ダイオードは優れた単色性ビーム波長を有するが故に白色系発光光源などとさせるために、RGBなどが発光可能な各LEDチップをそれぞれ近接して発光させ拡散混色させる必要がある。このような発光ダイオードは、種々の色を自由に発光させる発光装置としては有効であるが、白色系などの色のみを発光させる場合においても赤色系、緑色系及び青色系の発光ダイオード、あるいは青緑色系及び黄色系の発光ダイオードをそれぞれ使用せざるを得ない。LE

40Dチップは、半導体であり色調や輝度のバラツキもまだ相當ある。また、半導体発光素子であるLEDチップがそれぞれ異なる材料を用いて形成されている場合、各LEDチップの駆動電力などが異なり個々に電源を確保する必要がある。そのため、各半導体ごとに電流などを調節して白色系を発光させなければならない。同様に、半導体発光素子であるため個々の温度特性の差や経時変化が異なり、色調が種々変化してしまう。さらに、LEDチップからの発光を均一に混色させなければ色むらを生ずる場合がある。

【0005】 そこで、本出願人は先にLEDチップの發

光色を蛍光体で色変換させた発光ダイオードとして特開平5-152605号公報、特開平7-99345号公報などに記載された発光ダイオードを開発した。これらの発光ダイオードによって、1種類のLEDチップを用いて白色系などの他の発光色を発光させることができる。

【0006】具体的には、発光層のエネルギーバンドギャップが大きいLEDチップをリードフレームの先端に設けられたカップ上などに配置する。LEDチップは、LEDチップが設けられたメタルスルストムやメタルボストとそれぞれ電気的に接続させる。そして、LEDチップを被覆する樹脂モールド部材中などにLEDチップから光を吸収し被覆変換する蛍光体を含有させて形成させである。

【0007】LEDチップからの発光を被覆変換した発光ダイオードとして、青色系の発光ダイオードの発光と、その発光を吸収し黄色系を発光する蛍光体からの発光との混色により白色系が発光可能な発光ダイオードなどとすることができる。これらの発光ダイオードは、白色系を発光する発光ダイオードとして利用した場合においても十分な輝度を発光する発光ダイオードとすることができる。

【0008】

【発明が解決する課題】発光ダイオードによって励起される蛍光体は、蛍光染料、蛍光顔料さらには有機、無機化合物などから様々なものが挙げられる。また、蛍光体は、発光素子からの発光波長を波長の短いものから長い波長へと変換する、あるいは発光素子からの発光波長を波長の長いものから短い波長へと変換するものがある。

【0009】しかしながら、波長の長いものから短い波長へと変換する場合、変換効率が極めて悪く实用に向かない。また、LEDチップ周辺に近接して配置された蛍光体は、太陽光よりも約30倍から40倍にも及ぶ強屈折率強度の光線にさらされる。特に、発光素子であるLEDチップを高エネルギー・バンドギャップを有する半導体を用いる蛍光体の変換効率によって蛍光体の使用量を減らした場合においては、LEDチップから発光した光が可視光域にあるといつてもエネルギーが必然に高くなる。この場合、発光強度を更に高め長期にわたって使用すると、蛍光体自身が劣化しやすい。蛍光体が劣化すると色調がずれる。あるいは蛍光体が黒ずみ光の外部取り出し効率が低下する場合がある。同様にLEDチップの近傍に設けられた蛍光体は、LEDチップの昇温や外部環境からの加熱など高温にもさらされる。さらに、発光ダイオードは、一般的に樹脂モールドに被覆されてはいるものの外部環境からの水分の進入などを完全に防ぐことや製造時に付着した水分を完全に除去することはできない。蛍光体によつては、このような水分が発光素子からの高エネルギー光や熱によって蛍光体物質の劣化を促進する場合もある。また、イオン性の有機染料に至つて

はチップ近傍では直流電界により電気泳動を起こし、色調が変化する可能性がある。したがつて、本願発明は上記課題を解決し、より高輝度、長時間の使用環境下においても発光光率の低下や色ずれの極めて少ない発光ダイオードを提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本願発明の請求項1の発光ダイオードは、LEDチップと、このLEDチップからの光の少なくとも一部を吸収し波長変換して発光するフォトルミネセンス蛍光体とを有する。LEDチップは、窒化系化合物半導体で、フォトルミネセンス蛍光体は、セリウムで付与されたイットリウム、アルミニウム、ガーネット系蛍光体である。

【0011】また、本願発明の請求項3の発光ダイオードは、LEDチップを窒化ガリウム系化合物半導体とし、フォトルミネセンス蛍光体を、(RE<sub>1-x</sub>Sm<sub>x</sub>)<sub>3</sub>(Al<sub>y</sub>Ga<sub>1-y</sub>)<sub>5</sub>O<sub>12</sub>:Ce蛍光体とする。ただし、0≤x<1、0≤y≤1、REは、Y、Gdから選択される少なくとも一種である。

【0012】さらに、本願発明の請求項2と請求項4に記載する発光ダイオードは、窒化物系化合物半導体であるLEDチップの発光スペクトルの主ピークが400nmから530nm内の発光波長を有し、且つフォトルミネセンス蛍光体の主発光波長がLEDチップの主ピークより長い。

【0013】また、本願発明の請求項5の発光ダイオードは、マウント・リードのカップ内に配置させたLEDチップと、該LEDチップと導電性ワイヤーを用いて電気的に接続させたインナー・リードと、前記カップ内に充填されたコーティング部材と、該コーティング部材、LEDチップ、導電性ワイヤー及びマウント・リードとインナー・リードの少なくとも一部を被覆するモールド部材とを有する。この発光ダイオードは、前記LEDチップを窒化ガリウム系化合物半導体とし、かつ前記コーティング部材に、(RE<sub>1-x</sub>Sm<sub>x</sub>)<sub>3</sub>(Al<sub>y</sub>Ga<sub>1-y</sub>)<sub>5</sub>O<sub>12</sub>:Ce蛍光体を含む透光性樹脂を使用する。ただし、0≤x<1、0≤y≤1、REは、Y、Gdから選択される少なくとも一種である。

【0014】さらに、本願発明の請求項6に記載する発光ダイオードは、前記フォトルミネセンス蛍光体を、次の組成のものとする。

(Y<sub>1-p-q-r</sub>G<sub>p</sub>C<sub>q</sub>S<sub>r</sub>Mr)<sub>3</sub>(Al<sub>1-s</sub>G<sub>s</sub>)<sub>5</sub>O<sub>12</sub>  
ただし、0≤p≤0.8  
0.0003≤q≤0.2  
0.0003≤r≤0.08 (ただし、p+q+r≤1)  
0≤s≤1

【0015】また、請求項7記載の表示装置は、前記請求項5に記載する発光ダイオードをマトリックス状に配設したLED表示器と、該LED表示器と電気的に接続

させた駆動回路と、を有する。

#### 【0016】

【発明の実施の形態】本願発明者は、種々の実験の結果、可視光域における光エネルギーが比較的高いLEDチップからの発光光をフォトトリミネセンス蛍光体によって色変換させる発光ダイオードにおいて、特定の半導体及び蛍光体を選択することにより高輝度、長時間の使用時における光効率低下や色ずれを防止できることを見出し本願発明を成しに至った。

#### 【0017】

すなわち、発光ダイオードに用いられるLEDチップとしては、

1. LEDチップの発光特性が長期間の使用に対して安定していること。

2. 蛍光体を励起させ二次的な放出を行うのに十分な高輝度、高エネルギーの単色性ビーム波長を効率よく発光可能であることが求められる。また、発光ダイオードに用いられるフォトトリミネセンス蛍光体としては、

1. 耐光性に優れていることが要求される。特に、半導体発光素子などの微小領域から強放射するために太陽光の約30倍から200倍にもおよぶ強熱射度にも十分耐える必要がある。

2. 発光素子との混色を利用して青色系ではなく青色系発光で効率よく発光すること。

3. 混色を考慮して緑色系から赤色系の光が発光可能など。

4. 発光素子近傍に配置されるため温度特性が良好であること。

5. 色調が組成比あるいは複数の蛍光体の混合比で連続的に変化されること。

6. 発光ダイオードの利用環境に応じて耐候性があることなどの特長を有することが求められる。

【0018】これらの場合を満たすものとして本願発明の発光ダイオードは、発光層に高エネルギーバンドギャップを有する窒化ガリウム系化合物半導体素子と、フォトトリミネセンス蛍光体であるセリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体を組み合わせる。これにより発光素子から放出された可視光域における高エネルギー光を長時間の近傍で高密度に照射した場合であっても発光色の色ずれや発光輝度の低下が極めて少ない発光ダイオードとができるものである。特に、窒化物系化合物半導体としてInGaNの青色発光と、セリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体の吸収スペクトルとは非常に良く一致している。また、セリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体の発する蛍光とInGaNの青色光の混色は、演色性の良い良質の白光を得るという点において他の組み合わせにはない極めて特異的な性能を有する。

【0019】具体的な発光ダイオードの一例を図1に示し、さらに、チップタイプLEDの断面図を図2に示

す。チップタイプLEDの底体204内に窒化ガリウム系半導体を用いたLEDチップ202をニボキシ樹脂など用いて固定させてある。導電性ワイヤー203として金線をLEDチップ202の各電極と底板に設けられた各電極205とにそれぞれ電気的に接続させてある。

(RE<sub>1-x</sub>Sm<sub>x</sub>)<sub>z</sub>O<sub>1-z</sub>:Ce<sub>y</sub>蛍光体をエポキシ樹脂中に混合分散させたものをLEDチップ、導電性ワイヤーなどを外部応力などから保護するモールド部201として均一に硬化形成させる。このような発光ダイオードに電力を供給させることによってLEDチップ202を発光させる。LEDチップ202からの発光と、その発光によって励起されたフォトトリミネセンス蛍光体からの発光光との混色により白色などが発光可能な発光ダイオードとすることができる。以下、本願発明の構成部材について詳述する。

【0020】(蛍光体)本願発明の発光ダイオードに用いられるフォトトリミネセンス蛍光体は、半導体発光層から発光された可視光や紫外線で励起されて発光するフォトトリミネセンス蛍光体である。具体的なフォトトリミネセンス蛍光体として、セリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体である。

【0021】本明細書においてイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体は特に広義に解釈するものとし、イットリウムの一部あるいは全体を、Lu、Sc、La、Gd及びSmからなる群から選ばれる少なくとも1つの元素に置換し、あるいは、アルミニウムの一部あるいは全体を、GaとInの何れかまたは両方で置換する蛍光体を含む広い意味で使用する。

【0022】更に詳しくは、(RE<sub>1-x</sub>Sm<sub>x</sub>)<sub>z</sub>(Al<sub>1-y</sub>

Ga<sub>y</sub>)O<sub>1-z</sub>:Ce (但し、0≤x<1, 0≤y≤1, REは、Y、Gdから選択される少なくとも一種)である。窒化ガリウム系化合物半導体を用いたLEDチップから発光した光と、ボディカラーが黄色であるフォトトリミネセンス蛍光体から発光する光が補色関係にある場合、LEDチップからの発光と、フォトトリミネセンス蛍光体からの発光とを混色表示させると、白色系の発光色表示を行なうことができる。そのため発光ダイオード外観には、LEDチップからの発光とフォトトリミネセンス蛍光体からの発光とがモールド部を通して透過する必要がある。

したがって、フォトトリミネセンス蛍光体をスペッタリング法などにより形成させた蛍光体の層などにLEDチップを閉じこめ、フォトトリミネセンス蛍光体層にLEDチップからの光が透過する開口部を1ないし2以上有するあるいはLEDチップからの光が透過可能な如き薄膜とした構成の発光ダイオードとしても良い。なお、スペッタリング法などにより形成させた蛍光体は、コートイング部のバイナダーを省略することもできる。その膜厚で発光色を調整することもできる。また、フォトトリミネセンス蛍光体の粉体を樹脂や硝子中に含有させLEDチップからの光が透過する程度に薄く形成させても良

い。同様に、フォトルミネセンス蛍光体の粉体を樹脂や硝子中に含有させLEDチップからの光が透過する程度に薄く形成せても良い。フォトルミネセンス蛍光体と樹脂などの比率や塗布充填量を種々調整すること及び発光素子の発光波長を選択することにより白色を含め電球色など任意の色調を提供させることができる。

【0023】さらに、フォトルミネセンス蛍光体の含有分布は、温度性や耐久性にも影響する。すなわち、フォトルミネセンス蛍光体が含有されたコーティング部やモールド部材の表面側からLEDチップに向かってフォトルミネセンス蛍光体の分布濃度が高い場合は、外部環境からの水分などの影響をより受けにくく水分による劣化を抑制やすい。他方、フォトルミネセンス蛍光体の含有分布をLEDチップからモールド部材表面側に向かって分布濃度が高くなると外部環境からの水分の影響を受けやすいためLEDチップからの熱収、照射強度などの影響がより少なくフォトルミネセンス蛍光体の劣化を抑制することができる。このようなく、フォトルミネセンス蛍光体の分布は、フォトルミネセンス蛍光体を含有する部材、形成温度、粘度及びフォトルミネセンス蛍光体の形状、粒度分布などを調整させることによって種々形成させることができる。したがって、使用条件などにより蛍光体の分子濃度を、種々選択することができる。

【0024】本願発明のフォトルミネセンス蛍光体は、特にLEDチップと接する、あるいは近接して配置され照射強度として $(E_a) = 3W \cdot cm^{-2}$ 以上 $10W \cdot cm^{-2}$ 以下においても高効率に十分な耐光性を有し、優れた発光特性の発光ダイオードとすることができます。

【0025】本願発明に用いられるフォトルミネセンス蛍光体は、ガーネット構造のため、熱、光及び水分に強く、図4に示すように、励起スペクトルのピークを450nm付近にさせることができる。また、発光ピークも図4に示すように、580nm付近にあり700nmまで幅を引くブロードな発光スペクトルを持つ。

【0026】また、本願発明のフォトルミネセンス蛍光体は、結晶中にGd(ガドリニウム)を含有することにより、460nm以上の長波長域の励起発光効率を高くすることができる。Gdの含有量の増加により、発光ピーク波長が長波長に移動し全体の発光波長も長波長側にシフトする。すなわち、赤みの強い発光色が必要な場合、Gdの置換量を多くすることで達成できる。一方、Gdが増加すると共に、青色光によるフォトルミネセンスの発光輝度は低下する傾向にある。

【0027】しかも、ガーネット構造を持ったイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体の組成内の、

A1の一部をGdで置換することで発光波長が短波長側にシフトする。また、組成のYの一部をGdで置換することで、発光波長が長波長側にシフトする。

【0028】A1をGdに置換させる場合、発光効率と発光波長を考慮してA1:Gd=6:4から1:1の間の比率に設定することが好ましい。同様に、Yの一部をGdで置換することはY:Gd=9:1から1:9の範囲の比率に設定することが好ましく、4:1から2:3の範囲に設定することができる。

10 2割未満では、緑色成分が大きく赤色成分が少なくなる。また、Gdへの置換が6割以上では、赤み成分が増えるものの輝度が急速に低下する傾向にある。特に、LEDチップの発光波長によるガットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体の組成内Y:Gd=4:1から2:3の範囲とすることにより1種類のイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体を用いて黒体放射軌跡におよそ沿って白色光が発光可能な発光ダイオードとすることができます。(なお、Y:Gd=2:3よりも多く1:4では輝度は低くなるものの電球色が発光可能)

20 20 2割未満では、緑色成分が大きく赤色成分が少くなる。また、Gdへの置換が6割以上では、赤み成分が増えるものの輝度が急速に低下する傾向にある。特に、LEDチップの発光波長によるガットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体の組成内Y:Gd=4:1から2:3の範囲とすることにより1種類のイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体を用いて黒体放射軌跡におよそ沿って白色光が発光可能な発光ダイオードとすることができます。(なお、Y:Gd=2:3よりも多く1:4では輝度は低くなるものの電球色が発光可能)

25 25 2割未満では、緑色成分が大きく赤色成分が少くなる。また、Gdへの置換が6割以上では、赤み成分が増えるものの輝度が急速に低下する傾向にある。特に、LEDチップの発光波長によるガットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体の組成内Y:Gd=4:1から2:3の範囲とすることにより1種類のイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体を用いて黒体放射軌跡におよそ沿って白色光が発光可能な発光ダイオードとすることができます。(なお、Y:Gd=2:3よりも多く1:4では輝度は低くなるものの電球色が発光可能)

30 30 2割未満では、緑色成分が大きく赤色成分が少くなる。また、Gdへの置換が6割以上では、赤み成分が増えるものの輝度が急速に低下する傾向にある。特に、LEDチップの発光波長によるガットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体の組成内Y:Gd=4:1から2:3の範囲とすることにより1種類のイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体を用いて黒体放射軌跡におよそ沿って白色光が発光可能な発光ダイオードとすることができます。(なお、Y:Gd=2:3よりも多く1:4では輝度は低くなるものの電球色が発光可能)

35 35 2割未満では、緑色成分が大きく赤色成分が少くなる。また、Gdへの置換が6割以上では、赤み成分が増えるものの輝度が急速に低下する傾向にある。特に、LEDチップの発光波長によるガットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体の組成内Y:Gd=4:1から2:3の範囲とすることにより1種類のイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体を用いて黒体放射軌跡におよそ沿って白色光が発光可能な発光ダイオードとすることができます。(なお、Y:Gd=2:3よりも多く1:4では輝度は低くなるものの電球色が発光可能)

40 40 2割未満では、緑色成分が大きく赤色成分が少くなる。また、Gdへの置換が6割以上では、赤み成分が増えるものの輝度が急速に低下する傾向にある。特に、LEDチップの発光波長によるガットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体の組成内Y:Gd=4:1から2:3の範囲とすることにより1種類のイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体を用いて黒体放射軌跡におよそ沿って白色光が発光可能な発光ダイオードとすることができます。(なお、Y:Gd=2:3よりも多く1:4では輝度は低くなるものの電球色が発光可能)

45 45 2割未満では、緑色成分が大きく赤色成分が少くなる。また、Gdへの置換が6割以上では、赤み成分が増えるものの輝度が急速に低下する傾向にある。特に、LEDチップの発光波長によるガットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体の組成内Y:Gd=4:1から2:3の範囲とすることにより1種類のイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体を用いて黒体放射軌跡におよそ沿って白色光が発光可能な発光ダイオードとすることができます。(なお、Y:Gd=2:3よりも多く1:4では輝度は低くなるものの電球色が発光可能)

50 50 2割未満では、緑色成分が大きく赤色成分が少くなる。また、Gdへの置換が6割以上では、赤み成分が増えるものの輝度が急速に低下する傾向にある。特に、LEDチップの発光波長によるガットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体の組成内Y:Gd=4:1から2:3の範囲とすることにより1種類のイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体を用いて黒体放射軌跡におよそ沿って白色光が発光可能な発光ダイオードとすることができます。(なお、Y:Gd=2:3よりも多く1:4では輝度は低くなるものの電球色が発光可能)

55 55 2割未満では、緑色成分が大きく赤色成分が少くなる。また、Gdへの置換が6割以上では、赤み成分が増えるものの輝度が急速に低下する傾向にある。特に、LEDチップの発光波長によるガットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体の組成内Y:Gd=4:1から2:3の範囲とすることにより1種類のイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体を用いて黒体放射軌跡におよそ沿って白色光が発光可能な発光ダイオードとすることができます。(なお、Y:Gd=2:3よりも多く1:4では輝度は低くなるものの電球色が発光可能)

60 60 2割未満では、緑色成分が大きく赤色成分が少くなる。また、Gdへの置換が6割以上では、赤み成分が増えるものの輝度が急速に低下する傾向にある。特に、LEDチップの発光波長によるガットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体の組成内Y:Gd=4:1から2:3の範囲とすることにより1種類のイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体を用いて黒体放射軌跡におよそ沿って白色光が発光可能な発光ダイオードとすることができます。(なお、Y:Gd=2:3よりも多く1:4では輝度は低くなるものの電球色が発光可能)

65 65 2割未満では、緑色成分が大きく赤色成分が少くなる。また、Gdへの置換が6割以上では、赤み成分が増えるものの輝度が急速に低下する傾向にある。特に、LEDチップの発光波長によるガットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体の組成内Y:Gd=4:1から2:3の範囲とすることにより1種類のイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体を用いて黒体放射軌跡におよそ沿って白色光が発光可能な発光ダイオードとすることができます。(なお、Y:Gd=2:3よりも多く1:4では輝度は低くなるものの電球色が発光可能)

フォトルミネッセンス蛍光体の組成	CIE色度座標		輝度 Y	エネルギー効率 ENG
	x	y		
Y <sub>1</sub> Al <sub>5</sub> O <sub>12</sub> : Ce	0.41	0.55	100	100
Y <sub>3</sub> (Al <sub>1-x</sub> Ga <sub>x</sub> ) <sub>5</sub> O <sub>12</sub> : Ce	0.32	0.55	61	63
Y <sub>3</sub> (Al <sub>1-x</sub> Ga <sub>x</sub> ) <sub>5</sub> O <sub>12</sub> : Ce	0.39	0.54	55	67
(Y <sub>3-x</sub> Gd <sub>x</sub> ) <sub>5</sub> Al <sub>5</sub> O <sub>12</sub> : Ce	0.45	0.53	102	105
(Y <sub>3-x</sub> Gd <sub>x</sub> ) <sub>5</sub> Al <sub>5</sub> O <sub>12</sub> : Ce	0.47	0.52	102	113
(Y <sub>3-x</sub> Gd <sub>x</sub> ) <sub>5</sub> Al <sub>5</sub> O <sub>12</sub> : Ce	0.49	0.51	97	113
(Y <sub>3-x</sub> Gd <sub>x</sub> ) <sub>5</sub> Al <sub>5</sub> O <sub>12</sub> : Ce	0.50	0.50	72	86

【0032】また、窒化ガリウム系半導体を用いたLEDチップと、セリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム・ガーネット蛍光体(YAG)に希土類元素のサマリウム(Sm)を含有させたフォトルミネッセンス蛍光体と、を有する発光ダイオードとすることによりさらには効率を向上させることができる。

【0033】このようなフォトルミネッセンス蛍光体は、Y、Gd、Ce、Sm、Al及びGaの原料として酸化物、又は高価で容易に酸化物になる化合物を使用し、それらを化学量論比で十分に混合して原料を得る。又は、Y、Gd、Ce、Smの希土類元素を化学量論比で酸に溶解して溶液液を硫酸で共沈したものを作成して得られる共沈酸化物と、酸化アルミニウム、酸化ガリウムとを混合して混合原料を得る。これにフッカストとしてフッ化アンモニウム等のフッ化物を適量混合して均塗に詰め、空気中1350℃～1450℃の温度範囲で2～5時間焼成して焼成品を得、次に焼成品を水中でボールミルして、洗浄、分離、乾燥、最後に粉砕をすることで得ることができる。

【0034】Smを含有する(Y<sub>1-x-y-z</sub>Gd<sub>x</sub>Ce<sub>y</sub>Sm<sub>z</sub>)<sub>5</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>蛍光体は、Gdの含有量の増加に関わらず温度特性の低下が少ない。このようにSmを含有させることにより、高温度におけるフォトルミネッセンス蛍光体の発光輝度は大幅に改善される。その改善される程度はGdの含有量が高くなるほど大きくなる。すなわち、Gdを増加してフォトルミネッセンス蛍光体の発光色調に赤みを付与した組成ほどSmの含有による温度特性改善に効果的であることが分かった。(なお、ここでの温度特性とは、450nmの青色光による常温(25°C)における励起発光輝度に対する、同蛍光体の高温(200°C)における発光輝度の相対値(%)で表している。)

【0035】Smの含有量は0.0003≤r≤0.08の範囲で温度特性が60%以上となり好ましい。この範囲よりrが小さいと、温度特性改良の効果が小さくなる。また、この範囲よりrが大きくなると温度特性は逆に低下してくる。0.0007≤r≤0.02の範囲で

は温度特性は80%以上となり最も好ましい。

【0036】本願明示の発光ダイオードにおいてこのようなフォトルミネッセンス蛍光体は、2種類以上の(RE<sub>1-x</sub>Sm<sub>x</sub>)<sub>5</sub>(Al<sub>1-y</sub>Ga<sub>y</sub>)<sub>5</sub>O<sub>12</sub> : Ceフォトルミネッセンス蛍光体を混合させてよい。すなわち、A1、Gd、Ce、Y及びGdやSmの含有量が異なる2種類以上の(REE<sub>1-x</sub>Sm<sub>x</sub>)<sub>5</sub>(Al<sub>1-y</sub>Ga<sub>y</sub>)<sub>5</sub>O<sub>12</sub> : Ceフォトルミネッセンス蛍光体を混合させてRGBの被膜成分を増やすことができる。これに、カラーフィルターを用いることによりフルカラー液晶表示装置用としても利用できる。

【0037】(LEDチップ102、202、702)  
LEDチップは、図1に示すように、モールド部材104に埋設されることが好ましい。本願明示の発光ダイオードに用いられるLEDチップとは、セリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体を効率良く励起できる窒化物系化合物半導体である。ここで、窒化物系化合物半導体(一般式 n[Ga]Al<sub>1-x</sub>N、但し、0≤i、0≤j、0≤k、i+j+k=1)としては、InGaNや各種不純物がドープされたGaNを始め、種々のものが含まれる。発光素子であるLEDチップは、MOCVD法等により基板上にInGaN等の半導体を発光層として形成させる。半導体の構造としては、MIS接合、PIN接合やPN接合などを有するホーリー構造、ヘテロ構造あるいはグブルヘテロ構成のものが挙げられる。半導体層の材料やその混晶度によって発光波長を種々選択することができる。また、半導体活性層を量子効率が生ずる薄膜に形成させた單一量子井戸構造や多重量子井戸構造とすることもできる。特に、本願明示においては、LEDチップの活性層をInGaNの單一量子井戸構造とすることにより、フォトルミネッセンス蛍光体の劣化がなく、より高輝度に発光する発光ダイオードとして利用することができる。

【0038】窒化ガリウム系化合物半導体を使用した場合、半導体基板にはサファイヤ、スピネル、SiC、Si、ZnO等の材料が用いられる。結晶性の良い窒化ガリウムを形成させるためにはサファイヤ基板を用いるこ

とが好ましい。このサファイア基板上にGaN、AlN等のバッファ層を形成し、その上にPN接合を有する窒化ガリウム半導体を形成させる。窒化ガリウム系半導体は、不純物をドープしない状態でN型導電性を示す。発光効率を向上させるなど所望のN型窒化ガリウム半導体を形成させる場合は、N型ドーピングとしてSi、Ge、Se、Te、C等を導入導入することが好ましい。一方、P型窒化ガリウム半導体を形成される場合は、P型ドーピングであるZn、Mg、Be、Ca、Sr、Ba等をドープさせる。窒化ガリウム系化合物半導体は、P型ドーピングをドープしただけではP型化していくためP型ドーピング導入後に、炉による加熱、低速電子線照射やプラズマ照射等によりP型化せることが好ましい。エッチングなどによりP型半導体及びN型半導体の露面を形成させた後、半導体層上にスペッタリング法や真空蒸着法などを用いて所望の形状の各電極を形成させる。

【0039】次に、形成された半導体ウエハー等をダイヤモンド製の刃先を有するブレードが回転するダイヤンサーにより直接フルカットするか、又は刃先よりも広い幅の溝を切り込んだ後（ハーフカット）、外力によって半導体ウエーへを割る。あるいは、先端のダイヤモンド針が往復直線運動するスクライバーにより半導体ウエーへに極めて細いクライプライ（絞糸）を例えば蒸盤目状に引いた後、外力によってウエーへを割り半導体ウエーへからチップにカットする。このようにして窒化ガリウム系化合物半導体であるLEDチップを形成させることができる。

【0040】本願発明の発光ダイオードにおいて白色系を発光させる場合は、フォトルミネセンス蛍光体との補色関係や樹脂劣化等を考慮して発光素子の発光波長は400nm以上530nm以下が好ましく、420nm以上490nm以下が好ましい。LEDチップとフォトルミネセンス蛍光体との効率をそれぞれ向上させるために、450nm以上475nm以下がさらに好ましい。本願発明の白色系発光ダイオードの発光スペクトルを図3に示す。450nm付近にピークを持つ発光がLEDチップからの発光であり、570nm付近にピークを持つ発光がLEDチップによって励起されたフォトルミネセンスの発光である。なお、本願発明のLEDチップに加えて、蛍光体を励起しないLEDチップと一緒に用いることもできる。

【0041】具体的には、フォトルミネセンス蛍光体が励起可能な窒化物系化合物半導体であるLEDチップに加えて、フォトルミネセンス蛍光体を実質的に励起しない発光層がガリウム酸、ガリウムアルミニウム酸、ガリウム酸ガリウム酸、ガリウムアルミニウム酸などであるLEDチップを配置させる。フォトルミネセンス蛍光体を励起しないLEDチップからの光は、蛍光体自身に吸収されることなく外部に放出される。そのた

め、効率よく紅白が発光可能な発光ダイオードなどとすることができる。

【0042】（導電性ワイヤー103、203）導電性ワイヤー103、203としては、LEDチップ10、2、202の電極とのオーミック性、機械的接着性、電気伝導性及び熱伝導性がよいものが求められる。熱伝導度としては0.01cal/(s)(cm<sup>2</sup>)(°C/cm)以上が好ましく、より好ましくは0.5cal/(s)(cm<sup>2</sup>)(°C/cm)以上である。また、作業性などを考慮して導電性ワイヤーの直径は、好ましくはΦ1.0μm以上、Φ4.5μm以下である。特に、蛍光体が含有されたコーティング部と蛍光体が含有されていないホールド部材との界面で導電性ワイヤーが断続しやすい。それぞれ同一材料を用いたとしても蛍光体が入ることにより実質的な熱膨張係数が異なるため断續しやすいと考えられる。そのため、導電性ワイヤーの直径は、2.5μm以上がより好ましく、発光面積や扱い易さの観点から5μm以下がより好ましい。このような導電性ワイヤーとして具体的には、金、銅、白金、アルミニウム等の金属及びそれらの合金を用いた導電性ワイヤーが挙げられる。このような導電性ワイヤーは、各LEDチップの電極と、インナー・リード及びマウント・リードなどと、をワイヤーボンディング機器によって容易に接続させることができる。

【0043】（マウント・リード105）マウント・リード105としては、LEDチップ102を配置せるものであり、ダイボンド機器などで接続するに十分な大きさがあれば良い。また、LEDチップを複数配置しマウント・リードをLEDチップの共通電極として利用する場合においては、十分な電気伝導性とボンディングワイヤー等の接続性が求められる。また、マウント・リード上のカップ内にLEDチップを配置すると共に蛍光体を内部に充填させる場合は、近接して配設させた別の発光ダイオードからの光により疑似点灯することを防止することができます。

【0044】LEDチップ102とマウント・リード105のカップとの接着は熟硬化性樹脂などによって行うことができる。具体的には、エポキシ樹脂、アクリル樹脂やイミド樹脂などが挙げられる。また、フェースダウル・LEDチップなどによりマウント・リードと接着させると共に電気的に接続させるためにはAgベースト、カーボンベースト、金属バンプ等を用いることができる。さらに、発光ダイオードの光利用効率を向上させるためにLEDチップが配置されるマウント・リードの表面を鏡面状とし、表面に反射機能を持たせても良い。この場合の表面粗さは、0.1S以上0.8S以下が好ましい。また、マウント・リードの具体的な電気抵抗としては3.0μΩ-cm以下が好ましく、より好ましくは、3μΩ-cm以下である。また、マウント・リード上に複数のLEDチップを配置する場合は、LEDチップか

らの発热量が多くなるため熱伝導度がよいことが求められる。具体的には、 $0.01 \text{ cal}/(\text{s} \cdot (\text{cm}^2) \cdot (\text{°C}/\text{cm}))$  以上が好ましくより好ましくは  $0.5 \text{ cal}/(\text{s} \cdot (\text{cm}^2) \cdot (\text{°C}/\text{cm}))$  以上である。これらの条件を満たす材料としては、鉄、銅、鉄入り鋼、銅入り鋼、メタライズパターン付きセラミック等が挙げられる。

【0045】(インナー・リード106) インナー・リード106としては、マウント・リード105上に配置されたLEDチップ102と接続された導電性ワイヤー103との接続を図るものである。マウント・リード上に複数のLEDチップを設けた場合は、各導電性ワイヤー同士が接触しないよう配置できる構成とする必要がある。具体的には、マウント・リードから離れるに従つて、インナー・リードのワイヤーボンディングさせる端面の面積を大きめにすることによってマウント・リードからより離れたインナー・リードと接続する導電性ワイヤーの接触を防ぐことができる。導電性ワイヤーとの接続端面の粗さは、密着性を考慮して、 $1.6 \mu\text{m}$  以上  $1.0 \mu\text{m}$  以下が好ましい。インナー・リードの先端部を種々の形状に形成せらるるには、あらかじめリードフレームの形状を型枠で決めて打ち抜き形成せてもよく、あるいは全てのインナー・リードを形成させた後にインナー・リード上部の一部を削ることによって形成させても良い。さらには、インナー・リードを打ち抜き形成後、端面方向から加熱することにより所望の端面の面積と端面高さを同時に形成させることもできる。

【0046】インナー・リードは、導電性ワイヤーであるボンディングワイヤー等との接続性及び電気遮断性が良いことが求められる。具体的な電気抵抗としては、 $3.0 \mu\Omega \cdot \Omega \cdot \text{cm}$  以下が好ましく、より好ましくは  $3 \mu\Omega \cdot \Omega \cdot \text{cm}$  以下である。これらの条件を満たす材料としては、鉄、銅、鉄入り鋼、銅入り鋼及び銅、金、銀をメッキしたアルミニウム、鉄、銅等が挙げられる。

【0047】(コーティング部101) 本願発明に用いられるコーティング部101とは、モールド部材104とは別にインナー・リードのカッブに設けられるものでありLEDチップの発光を変換するフォトoluminescence蛍光体が含有されるものである。コーティング部の具体的な材料としては、エポキシ樹脂、ユリア樹脂、シリコーンなどの耐候性に優れた透明樹脂や硝子などが好適に用いられる。また、フォトoluminescence蛍光体と共に拡散剤を含有させても良い。具体的な拡散剤としては、チタン酸バリウム、酸化チタン、酸化アルミニウム、酸化珪素等が好適に用いられる。

【0048】(モールド部材104) モールド部材104は、発光ダイオードの使用用途に応じてLEDチップ102、導電性ワイヤー103、フォトoluminescence蛍光体が含有されたコーティング部101などを外部から保護するために設けることができる。モールド部材は、

一絞は樹脂を用いて形成させることができる。また、フォトoluminescence蛍光体を含有させることによって視野角を増やすことができるが、樹脂モールドに拡散剤を含有させることによってLEDチップ102からの指向性を緩和させ視野角をさらに増やすことができる。更にまた、モールド部材104を所要の形状にすることによってLEDチップからの発光を集束させたり拡散させたりするレンズ効果を持たせることができる。従って、モールド部材104は複数個同一の構造でもよい。具体的には、凸レンズ形状、凹レンズ形状さらには、発光観測面から見て楕円形状やそれらを複数組み合わせた物である。モールド部材104の具体的な材料としては、主としてエポキシ樹脂、ユリア樹脂、シリコーン樹脂などの耐候性に優れた透明樹脂や硝子などが好適に用いられる。

また、拡散剤としては、チタン酸バリウム、酸化チタン、酸化アルミニウム、酸化珪素等が好適に用いられる。さらに、拡散剤に加えてモールド部材にもフォトoluminescence蛍光体を含有させることもできる。したがって、フォトoluminescence蛍光体はモールド部材に含有させてもそれ以外のコーティング部などに含有させて用いてもよい。また、コーティング部をフォトoluminescence蛍光体が含有された樹脂、モールド部材を硝子などとした異なる部材を用いて形成させても良い。この場合、生産性良くより水分などの影響が少ない発光ダイオードとができる。また、屈折率を考慮してモールド部材とコーティング部を同じ部材を用いて形成させても良い。本願発明においてモールド部材に拡散剤や着色剤を含有させることは、発光観測面側から見た蛍光体の着色を認むことができる。なお、着色体の着色と

30 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300 310 320 330 340 350 360 370 380 390 400 410 420 430 440 450 460 470 480 490 500 510 520 530 540 550 560 570 580 590 600 610 620 630 640 650 660 670 680 690 700 710 720 730 740 750 760 770 780 790 800 810 820 830 840 850 860 870 880 890 900 910 920 930 940 950 960 970 980 990 1000 1010 1020 1030 1040 1050 1060 1070 1080 1090 1100 1110 1120 1130 1140 1150 1160 1170 1180 1190 1200 1210 1220 1230 1240 1250 1260 1270 1280 1290 1300 1310 1320 1330 1340 1350 1360 1370 1380 1390 1400 1410 1420 1430 1440 1450 1460 1470 1480 1490 1500 1510 1520 1530 1540 1550 1560 1570 1580 1590 1600 1610 1620 1630 1640 1650 1660 1670 1680 1690 1700 1710 1720 1730 1740 1750 1760 1770 1780 1790 1800 1810 1820 1830 1840 1850 1860 1870 1880 1890 1900 1910 1920 1930 1940 1950 1960 1970 1980 1990 2000 2010 2020 2030 2040 2050 2060 2070 2080 2090 2100 2110 2120 2130 2140 2150 2160 2170 2180 2190 2200 2210 2220 2230 2240 2250 2260 2270 2280 2290 2300 2310 2320 2330 2340 2350 2360 2370 2380 2390 2400 2410 2420 2430 2440 2450 2460 2470 2480 2490 2500 2510 2520 2530 2540 2550 2560 2570 2580 2590 2600 2610 2620 2630 2640 2650 2660 2670 2680 2690 2700 2710 2720 2730 2740 2750 2760 2770 2780 2790 2800 2810 2820 2830 2840 2850 2860 2870 2880 2890 2900 2910 2920 2930 2940 2950 2960 2970 2980 2990 3000 3010 3020 3030 3040 3050 3060 3070 3080 3090 3100 3110 3120 3130 3140 3150 3160 3170 3180 3190 3200 3210 3220 3230 3240 3250 3260 3270 3280 3290 3300 3310 3320 3330 3340 3350 3360 3370 3380 3390 3400 3410 3420 3430 3440 3450 3460 3470 3480 3490 3500 3510 3520 3530 3540 3550 3560 3570 3580 3590 3600 3610 3620 3630 3640 3650 3660 3670 3680 3690 3700 3710 3720 3730 3740 3750 3760 3770 3780 3790 3800 3810 3820 3830 3840 3850 3860 3870 3880 3890 3900 3910 3920 3930 3940 3950 3960 3970 3980 3990 4000 4010 4020 4030 4040 4050 4060 4070 4080 4090 4100 4110 4120 4130 4140 4150 4160 4170 4180 4190 4200 4210 4220 4230 4240 4250 4260 4270 4280 4290 4300 4310 4320 4330 4340 4350 4360 4370 4380 4390 4400 4410 4420 4430 4440 4450 4460 4470 4480 4490 4500 4510 4520 4530 4540 4550 4560 4570 4580 4590 4600 4610 4620 4630 4640 4650 4660 4670 4680 4690 4700 4710 4720 4730 4740 4750 4760 4770 4780 4790 4800 4810 4820 4830 4840 4850 4860 4870 4880 4890 4900 4910 4920 4930 4940 4950 4960 4970 4980 4990 5000 5010 5020 5030 5040 5050 5060 5070 5080 5090 5090 5100 5110 5120 5130 5140 5150 5160 5170 5180 5190 5200 5210 5220 5230 5240 5250 5260 5270 5280 5290 5300 5310 5320 5330 5340 5350 5360 5370 5380 5390 5390 5400 5410 5420 5430 5440 5450 5460 5470 5480 5490 5490 5500 5510 5520 5530 5540 5550 5560 5570 5580 5590 5590 5600 5610 5620 5630 5640 5650 5660 5670 5680 5690 5690 5700 5710 5720 5730 5740 5750 5760 5770 5780 5790 5790 5800 5810 5820 5830 5840 5850 5860 5870 5880 5890 5890 5900 5910 5920 5930 5940 5950 5960 5970 5980 5990 5990 6000 6010 6020 6030 6040 6050 6060 6070 6080 6090 6090 6100 6110 6120 6130 6140 6150 6160 6170 6180 6190 6190 6200 6210 6220 6230 6240 6250 6260 6270 6280 6290 6290 6300 6310 6320 6330 6340 6350 6360 6370 6380 6390 6390 6400 6410 6420 6430 6440 6450 6460 6470 6480 6490 6490 6500 6510 6520 6530 6540 6550 6560 6570 6580 6590 6590 6600 6610 6620 6630 6640 6650 6660 6670 6680 6690 6690 6700 6710 6720 6730 6740 6750 6760 6770 6780 6790 6790 6800 6810 6820 6830 6840 6850 6860 6870 6880 6890 6890 6900 6910 6920 6930 6940 6950 6960 6970 6980 6990 6990 7000 7010 7020 7030 7040 7050 7060 7070 7080 7090 7090 7100 7110 7120 7130 7140 7150 7160 7170 7180 7190 7190 7200 7210 7220 7230 7240 7250 7260 7270 7280 7290 7290 7300 7310 7320 7330 7340 7350 7360 7370 7380 7390 7390 7400 7410 7420 7430 7440 7450 7460 7470 7480 7490 7490 7500 7510 7520 7530 7540 7550 7560 7570 7580 7590 7590 7600 7610 7620 7630 7640 7650 7660 7670 7680 7690 7690 7700 7710 7720 7730 7740 7750 7760 7770 7780 7790 7790 7800 7810 7820 7830 7840 7850 7860 7870 7880 7890 7890 7900 7910 7920 7930 7940 7950 7960 7970 7980 7990 7990 8000 8010 8020 8030 8040 8050 8060 8070 8080 8090 8090 8100 8110 8120 8130 8140 8150 8160 8170 8180 8190 8190 8200 8210 8220 8230 8240 8250 8260 8270 8280 8290 8290 8300 8310 8320 8330 8340 8350 8360 8370 8380 8390 8390 8400 8410 8420 8430 8440 8450 8460 8470 8480 8490 8490 8500 8510 8520 8530 8540 8550 8560 8570 8580 8590 8590 8600 8610 8620 8630 8640 8650 8660 8670 8680 8690 8690 8700 8710 8720 8730 8740 8750 8760 8770 8780 8790 8790 8800 8810 8820 8830 8840 8850 8860 8870 8880 8890 8890 8900 8910 8920 8930 8940 8950 8960 8970 8980 8990 8990 9000 9010 9020 9030 9040 9050 9060 9070 9080 9090 9090 9100 9110 9120 9130 9140 9150 9160 9170 9180 9190 9190 9200 9210 9220 9230 9240 9250 9260 9270 9280 9290 9290 9300 9310 9320 9330 9340 9350 9360 9370 9380 9390 9390 9400 9410 9420 9430 9440 9450 9460 9470 9480 9490 9490 9500 9510 9520 9530 9540 9550 9560 9570 9580 9590 9590 9600 9610 9620 9630 9640 9650 9660 9670 9680 9690 9690 9700 9710 9720 9730 9740 9750 9760 9770 9780 9790 9790 9800 9810 9820 9830 9840 9850 9860 9870 9880 9890 9890 9900 9910 9920 9930 9940 9950 9960 9970 9980 9990 9990 10000 10010 10020 10030 10040 10050 10060 10070 10080 10090 10090 10100 10110 10120 10130 10140 10150 10160 10170 10180 10190 10190 10200 10210 10220 10230 10240 10250 10260 10270 10280 10290 10290 10300 10310 10320 10330 10340 10350 10360 10370 10380 10390 10390 10400 10410 10420 10430 10440 10450 10460 10470 10480 10490 10490 10500 10510 10520 10530 10540 10550 10560 10570 10580 10590 10590 10600 10610 10620 10630 10640 10650 10660 10670 10680 10690 10690 10700 10710 10720 10730 10740 10750 10760 10770 10780 10790 10790 10800 10810 10820 10830 10840 10850 10860 10870 10880 10890 10890 10900 10910 10920 10930 10940 10950 10960 10970 10980 10980 10990 10990 11000 11010 11020 11030 11040 11050 11060 11070 11080 11090 11090 11100 11110 11120 11130 11140 11150 11160 11170 11180 11190 11190 11200 11210 11220 11230 11240 11250 11260 11270 11280 11290 11290 11300 11310 11320 11330 11340 11350 11360 11370 11380 11390 11390 11400 11410 11420 11430 11440 11450 11460 11470 11480 11490 11490 11500 11510 11520 11530 11540 11550 11560 11570 11580 11590 11590 11600 11610 11620 11630 11640 11650 11660 11670 11680 11690 11690 11700 11710 11720 11730 11740 11750 11760 11770 11780 11790 11790 11800 11810 11820 11830 11840 11850 11860 11870 11880 11890 11890 11900 11910 11920 11930 11940 11950 11960 11970 11980 11980 11990 11990 12000 12010 12020 12030 12040 12050 12060 12070 12080 12090 12090 12100 12110 12120 12130 12140 12150 12160 12170 12180 12190 12190 12200 12210 12220 12230 12240 12250 12260 12270 12280 12290 12290 12300 12310 12320 12330 12340 12350 12360 12370 12380 12390 12390 12400 12410 12420 12430 12440 12450 12460 12470 12480 12490 12490 12500 12510 12520 12530 12540 12550 12560 12570 12580 12590 12590 12600 12610 12620 12630 12640 12650 12660 12670 12680 12690 12690 12700 12710 12720 12730 12740 12750 12760 12770 12780 12790 12790 12800 12810 12820 12830 12840 12850 12860 12870 12880 12890 12890 12900 12910 12920 12930 12940 12950 12960 12970 12980 12980 12990 12990 13000 13010 13020 13030 13040 13050 13060 13070 13080 13090 13090 13100 13110 13120 13130 13140 13150 13160 13170 13180 13190 13190 13200 13210 13220 13230 13240 13250 13260 13270 13280 13290 13290 13300 13310 13320 13330 13340 13350 13360 13370 13380 13390 13390 13400 13410 13420 13430 13440 13450 13460 13470 13480 13490 13490 13500 13510 13520 13530 13540 13550 13560 13570 13580 13590 13590 13600 13610 13620 13630 13640 13650 13660 13670 13680 13690 13690 13700 13710 13720 13730 13740 13750 13760 13770 13780 13790 13790 13800 13810 13820 13830 13840 13850 13860 13870 13880 13890 13890 13900 13910 13920 13930 13940 13950 13960 13970 13980 13980 13990 13990 14000 14010 14020 14030 14040 14050 14060 14070 14080 14090 14090 14100 14110 14120 14130 14140 14150 14160 14170 14180 14190 14190 14200 14210 14220 14230 14240 14250 14260 14270 14280 14290 14290 14300 14310 14320 14330 14340 14350 14360 14370 14380 14390 14390 14400 14410 14420 14430 14440 14450 14460 14470 14480 14490 14490 14500 14510 14520 14530 14540 14550 14560 14570 14580 14590 14590 14600 14610 14620 14630 14640 14650 14660 14670 14680 14690 14690 14700 14710 14720 14730 14740 14750 14760 14770 14780 14790 14790 14800 14810 14820 14830 14840 14850 14860 14870 14880 14890 14890 14900 14910 14920 14930 14940 14950 14960 14970 14980 14980 14990 14990 15000 15010 15020 15030 15040 15050 15060 15070 15080 15090 15090 15100 15110 15120 15130 15140 15150 15160 15170 15180 15190 15190 15200 15210 15220 15230 15240 15250 15260 15270 15280 15290 15290 15300 15310 15320 15330 15340 15350 15360 15370 15380 15390 15390 15400 15410 15420 15430 15440 15450 15460 15470 15480 15490 15490 15500 15510 15520 15530 15540 15550 15560 15570 15580 15590 15590 15600 15610 15620 15630 15640 15650 15660 15670 15680 15690 15690 15700 15710 15720 15730 15740 15750 15760 15770 15780 15790 15790 15800 15810 15820 15830 15840 15850 15860 15870 15880 15890 15890 15900 15910 15920 15930 15940 15950 15960 15970 15980 15980 15990 15990 16000 16010 16020 16030 16040 16050 16060 16070 16080 16090 16090 16100 16110 16120 16130 16140 16150 16160 16170 16180 16190 16190 16200 16210 16220 16230 16240 16250 16260 16270 16280 16290 16290 16300 16310 16320 16330 16340 16350 16360 16370 16380 16390 16390 16400 16410 16420 16430 16440 16450 16460 16470 16480 16490 16490 16500 16510 16520 16530 16540 16550 16560 16570 16580 16590 16590 16600 16610 16620 16630 16640 16650 16660 16670 16680 16690 16690 16700 16710 16720 16730 16740 16750 16760 16770 16780 16790 16790 16800 16810 16820 16830 16840 16850 16860 16870 16880 16890 16890 16900 16910 16920 16930 16940 16950 16960 16970 16980 16980 16990 16990 17000 17010 17020 17030 17040 17050 17060 17070 17080 17090 17090 17100 17110 17120 17130 17140 17150 17160 17170 17180 17190 17190 17200 17210 17220 17230 17240 17250 17260 17270 17280 17290 17290 17300 17310 17320 17330 17340 17350 17360 17370 17380 17390 17390 17400 17410 17420 17430 17440 17450 17460 17470 17480 17490 17490 17500 17510 17520 17530 17540 17550 17560 17570 17580 17590 17590 17600 17610 17620 17630 17640 17650 17660 17670 17680 17690 17690 17700 17710 17720 17730 17740 17750 17760 17770 17780 17790 17790 17800 17810 17820 17830 17840 17850 17860 17870 17880 17890 17890 17900 17910 17920 17930 17940 17950 17960 17970 17980 17980 17990 17990 18000 18010 18020 18030 18040 180

せるためにには、RGBの各発光ダイオードをそれぞれ同時に発光させざるを得ない。そのため赤色系、緑色系、青色系のそれぞれ単色表示した場合に比べて、一画素あたりの表示領域が大きくなる。したがって、白色系の表示の場合においては、RGB単色のモノクローム表示に比較して、高精度に表示させることができない。また、白色系の表示は各発光ダイオードの発光出力を調節して表示させるため、各半導体の温度特性などを考慮し種々調整しなければならない。さらには、混色による表示であるが故にLED表示器の視認する方向や角度によって、RGBの発光ダイオードが部分的に遮光され表示色が変わるものもある。本願発明の発光ダイオードをRGBの発光ダイオードに代えて使用的する表示装置は、より高精度化が可能となると共に、安定して白色系に発光でき、さらに、色むらを少なくできる特長がある。また、本願発明の発光ダイオードは、RGBの各発光ダイオードとともに使用することもできる。この表示装置は、輝度を向上させることができる。

【0050】また、本願発明の発光ダイオードを用いたLED表示器を図6に示す。この図のLED表示器は、本願発明の白色系発光ダイオードのみを用いて、白黒用のLED表示装置に使用される。白黒用のLED表示器は、本願発明の発光ダイオード501のみをマトリックス状などに配置している。この図のLED表示器を備える表示装置は、RGBの発光ダイオードを備えない。このため、RGB発光ダイオード用の複数の駆動回路が必要としない。複数の駆動回路に代わって、白色系発光ダイオード用の駆動回路で、LED表示器を駆動できる。

【0051】LED表示器は、駆動回路である点灯回路などと電気的に接続される。駆動回路からの出力バルスによって種々の画像を表示可能なディスプレイ等とすることができる。駆動回路を図6に示す。駆動回路は、入力される表示データを一時的に記憶する画像データー記憶手段であるRAM(Random Access Memory)603と、RAM603に記憶されるデータから、LED表示器1のそれぞれの発光ダイオードを所定の明るさに点灯させるための階調信号を算出する階調制御回路604と、階調制御回路604の出力信号でスイッチングされて、発光ダイオードを点灯させるドライバー602とを備える。階調制御回路604は、RAM603に記憶されるデータからLED表示器1の発光ダイオード点灯時間を演算して点滅させるバルス信号を出力する。

【0052】したがって、白黒用のLED表示器は、RGBのフルカラー表示器と異なり、回路構成を簡略化できると共に高精度化できる。そのため、安価にRGBの発光ダイオードの特性に伴う色むらなどのないディスプレイとすることができるものである。また、従来の赤色、緑色のみを用いたLED表示器に比べ人間の目に對する刺激が少なく長時間の使用に適している。

【0053】本願発明の発光ダイオードは、白色発光ダイオード(W)として図9の如く、RGBにそれぞれ発光する発光ダイオードに加えて使用することもできる。図中900は、LED表示器の一部を表し、900が一絵図を構成する。このLED表示器は、駆動回路である点灯回路などと電気的に接続される。駆動回路からの出力バルスによって種々の画像が表示可能なディスプレイ等とすることができる。駆動回路は、モノクロームの表示装置と同じように、入力される表示データを一時的に記憶させる、画像データー記憶手段であるRAM(Random Access Memory)と、RAMに記憶されるデータから各発光ダイオードを所定の明るさに点灯させるための階調信号を算出する階調制御回路と、階調制御回路の出力信号でスイッチングされて、各発光ダイオードを点灯させるドライバーを備える。ただし、この駆動回路は、RGBと白色系に発光する発光ダイオードに専用の回路を必要とする。階調制御回路は、RAMに記憶されるデータから、それぞれの発光ダイオードの点灯時間を演算して、点滅させるバルス信号を出力する。ここで、白色系の表示を行なう場合は、RGB各発光ダイオードを点灯するバルス信号のバルス幅を短く、あるいは、バルス信号のピーク値を低く、あるいは全くバルス信号を出力しない。他方、それを補償するように白色系発光ダイオードにバルス信号を出力する。これにより、LED表示器の白色を表示する。

【0054】したがって、白色系発光ダイオードを所望の明るさに点灯させるためのバルス信号を算出する階調制御回路としてCPUを別途備えることが好ましい。階調制御回路から出力されるバルス信号は、白色系発光ダイオードのドライバーに入力されてドライバーをスイッチングされる。ドライバーがオノになると白色系発光ダイオードが点灯され、オフになると消灯される。

【0055】(信号機) 本願発明の発光ダイオードを表示装置の1種である信号機として利用した場合、長時間安定して発光させることができると共に発光ダイオードの一部が消灯しても色むらなどが生じないという特長がある。本願発明の発光ダイオードを用いた信号機の概略構成として、導電性パターンが形成された基板上に白色系発光ダイオードを配置させる。このような発光ダイオードを直列又は直並列に接続された発光ダイオードの回路を発光ダイオード群として扱う。発光ダイオード群を2つ以上用いそれぞれ巣巻き状に発光ダイオードを配置させる。全ての発光ダイオードが配置されると円形状に全面に配置される。各発光ダイオード及び基板から外部電力と接続させる電源コードをそれぞれ、ハンダにより接続させた後、駆動用信号用の筐体内に固定させる。LED表示器は、遮光部材が付いたアルミダイキャストの筐体内に配置され表面にシリコーンゴムの充填材で封止されている。筐体の表示面は、白色レンズを設けてある。また、LED表示器の電気的配線は、筐体の裏面か

らゴムパッキンを通して筐体内を密閉する。これにより白色系信号機を形成することができる。本願発明の発光ダイオードを、複数の群に分け中心部から外側に向かって輪を描く渦巻き状などに配置し、並列接続することでより信頼性が高い信号機とさせることができる。中心部から外側に向かって輪を描くことは連続的に輪を描くものも断続的に配置するものを含む。したがって、LED表示器の表示面積などにより配置される発光ダイオードの数や発光ダイオード群の数を種々選択することができる。この信号機により、一方の発光ダイオード群や一部の発光ダイオードが何からかのトラブルにより消灯したとしても他の発光ダイオード群や残った発光ダイオードにより信号機を円形状に均一に発光させることができると可能となるものである。また、色ずれが生じることもない。渦巻き状に配置してあることから中心部を密に配置することができ、電球発光の信号と何ら違和感なく駆動させることができます。

【0056】(面状発光光源) 本願発明の発光ダイオードは、図7に示すように、面状発光光源とともに作れる。図に示す面状発光光源の発光ダイオードは、フォトルミネセンス蛍光体をコーティング部や導光板上の散乱シート706に含有する。あるいはバインダーゲル漆と共に散乱シート706に塗布などしてシート状701に形成しモールド部材を省略しても良い。具体的には、絶縁層及び導電性パターンが形成されたコの字形状の金属基板703内にLEDチップ702を固定する。LEDチップと導電性パターンとの電気的導通を取った後、フォトルミネセンス蛍光体をエポキシ樹脂と混合攪拌しLEDチップ702を積載された金属基板703上に充填させる。こうして固定されたLEDチップは、アクリル性導光板704の裏面にエポキシ樹脂などで固定される。導光板704の一方の主面上には、着色防止のために白色散乱剤が含有されたフィルム状の反射部材707を配置させてある。同様に、導光板の裏面側全面やLEDチップが配置されていない面状面上にも反射部材705を設け発光効率を向上させてある。これにより、LCDのバックライトとして十分な明るさを得られる面状発光光源の発光ダイオードとすることができる。液晶表示装置として利用する場合は、導光板704の主面上に不思議の透光性導電性パターンが形成された硝子基板間に注入された液晶装置を介して配置された偏光板により構成させることができる。以下、本願発明の実施例について説明するが、本願発明は具体的な実施例のみに限定されるものではないことは言うまでもない。

#### 【0057】

#### 【実施例】

(実施例1) 発光素子として発光ピークが450nm、半価幅30nmのInGaN半導体を発光層に用いた。LEDチップは、洗浄させたサファイア基板上にTMG(トリメチルガリウム)ガス、TMG(トリメチルゼニン)ガス及びドーバントガスをキャリアガスと共に流し、MOCVD法で窒化物系化合物半導体を成長させることにより形成させた。成長時に、ドーバントガスとしてSiH<sub>4</sub>とCp<sub>2</sub>Mgと、を切り換えることによってN型導電性やP型導電性を有する窒化ガリウム半導体を形成させる。半導体発光素子としては、N型導電性を有する窒化ガリウム半導体であるコンタクト層と、P型導電性を有する窒化ガリウム半導体であるクラッド層、P型導電性を有する窒化ガリウム半導体であるコンタクト層と形成させた。N型導電性を有するコンタクト層と、P型導電性を有するクラッド層との間に厚さ約3nmであり、單一量子井戸構造とされるインドープInGaNの活性層を形成した。(なお、サファイア基板上には低温で窒化ガリウム半導体を形成させバッファ層としてある。また、P型半導体は、成膜後400°C以上でアニールさせてある。)

【0058】エッチングにより各半導体表面を露出させた後、スパッタリングにより各電極をそれぞれ形成させた。こうして出来上がった半導体ウエハをスクレーフライ線を引いた後、外力により分割させ発光素子としてLEDチップを形成させた。

【0059】銀メッキした鋼製リードフレームの先端にカップを有するマウント・リードにLEDチップをエポキシ樹脂でダイボンディングした。LEDチップの各電極とマウント・リード及びインナー・リードと、をそれぞれ直徑が30μmの金線でワイヤーボンディングし電気的導通を取った。

【0060】一方、フォトルミネセンス蛍光体は、Y、Gd、Ceの希土類元素を化学量論比で酸に溶解した溶液を硫酸で共沈させた。これを焼成して得られる共沈酸化物と、酸化アルミニウムを混合して混合原料を得る。これにフラックスとしてフッ化アンモニウムを混合して坩堝に詰め、空気中1400°Cの温度で3時間焼成して焼成品を得た。焼成品を水中でボールミルして、洗浄、分離、乾燥、最後に繩を通して形成させた。フォトルミネセンス蛍光体は、Y(イットリウム)がGd(アドリニウム)で約2割置換されたイットリウム・アルミニウム酸化物として(Y<sub>0.8</sub>Gd<sub>0.2</sub>)<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>O<sub>12</sub>: Ceが形成された。なお、Ceの置換は、0.03であった。

【0061】形成された(Y<sub>0.8</sub>Gd<sub>0.2</sub>)<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>O<sub>12</sub>: Ce蛍光体80重量部、エポキシ樹脂10重量部をよく混合してスラリーとさせた。このスラリーをLEDチップが配置されたマウント・リード上のカップ内に注入させた。注入後、フォトルミネセンス蛍光体が含有された樹脂を130°C1時間で硬化させた。こうしてLEDチップ上に厚さ120μmのフォトルミネセンス蛍光体が含有されたコーティング部が形成された。なお、コーティング部には、LEDチップに向かってフォトルミネセンス蛍光体が徐々に多くしてある。照射強度は、約3.

$5 \text{ W/cm}^2$  であった。その後、さらに LEDチップやフォトoluminescence蛍光体を外部応力、水分及び座圧などから保護する目的でモールド部材として透光性エポキシ樹脂を形成させた。モールド部材は、砲弾型の筐体の中にフォトoluminescence蛍光体のコーティング部が形成されたリードフレームを挿入し透光性エポキシ樹脂を混入後、 $150^\circ\text{C}$  5時間にて硬化させた。こうして形成された発光ダイオードは、発光観測正面から認証するとフォトoluminescence蛍光体のボディーカラーにより中央部が黄色っぽく着色していた。

【0062】こうして得られた白色系が発光可能な発光ダイオードの色度点、色温度、演色性指数を測定した。それぞれ、色度点 ( $x = 0.302$ ,  $y = 0.280$ )、色温度  $8080\text{K}$ 、 $R_a$  (演色性指数) = 87.5 と三波長型蛍光灯に近い性能を示した。また、発光效率は 9.51  $\text{lm}/\text{W}$  と白色電球であった。さらに寿命試験として温度  $25^\circ\text{C}$   $60\text{mA}$  通電、温度  $25^\circ\text{C}$   $20\text{mA}$  通電、温度  $60^\circ\text{C}$   $0\text{RH}$  下で  $20\text{mA}$  通電の各試験においても蛍光体に起因する変化は観察されず通常の青色発光ダイオードと寿命特性に差がないことが確認できた。

【0063】(比較例1) フォトoluminescence蛍光体を ( $\text{Y}_{0.8}\text{Gd}_{0.2}\text{Al}_5\text{O}_12 : \text{Ce}$  から ( $\text{ZnCd}$ )  $\text{S} : \text{Cu}$ 、 $\text{Al}$ ) とした以外は、実施例1と同様にして発光ダイオードの形成及び寿命試験を行った。形成された発光ダイオードは直通電流、実施例1と同様白色の発光が確認されたが輝度が低かった。また、寿命試験においては、約 100 時間で出力がゼロになった。劣化原因を解析した結果、蛍光体が黒化していた。

【0064】これは、発光電子の発光と蛍光体に付着していた水分あるいは外部環境から進入した水分により光分解し蛍光体結晶表面にコロイド状亜鉛金属を析出し外観が黒色に変色したものと考えられる。温度  $25^\circ\text{C}$   $20\text{mA}$  通電、温度  $60^\circ\text{C}$   $0\text{RH}$  下で  $20\text{mA}$  通電の寿命試験結果を実施例1と共に図8に示す。輝度は初期値を基準にしてそれの相対値を示す。また、実線が実施例1であり波線が比較例1を示す。

【0065】(実施例2) LEDチップの空窒物系化合物半導体を実施例1よりも  $\text{In}$  の含有量を増やし発光ピークを  $460\text{nm}$  とした。同様にフォトoluminescence蛍光体として実施例1よりも  $\text{Gd}$  の含有量を増やし ( $\text{Y}_{0.6}\text{Gd}_{0.4}\text{Al}_5\text{O}_12 : \text{Ce}$  とした以外は実施例1と同様にして発光ダイオードを 100 個形成し寿命試験を行った。

【0066】こうして得られた白色系が発光可能な発光ダイオードの色度点、色温度、演色性指数を測定した。それぞれ、色度点 ( $x = 0.375$ ,  $y = 0.370$ )、色温度  $4400\text{K}$ 、 $R_a$  (演色性指数) = 86.0 であった。さらに寿命試験においては、形成された発光ダイオード 100 個平均で行った。寿命試験前の光度

を 100% とし 1000 時間経過後における平均光度を調べた。寿命試験後も 98.8% であり特性に差がないことが確認できた。この実施例のフォトoluminescence蛍光体と、LEDチップ及び発光ダイオードの各発光スペクトルを、図 10 (A)、(B)、(C) にそれぞれ示している。

【0067】(実施例3) フォトoluminescence蛍光体を  $\text{Y}, \text{Gd}, \text{Ce}$  の希土類元素に加え  $\text{Sm}$  を含有させ ( $\text{Y}_{0.8}\text{Gd}_{0.2}\text{Ce}_{0.2}\text{Sm}_{0.1}\text{Al}_5\text{O}_12$ ) 蛍光体とし 10 た以外は、実施例1と同様にして発光ダイオードを 100 個形成した。この発光ダイオードは  $130^\circ\text{C}$  の高温下において点灯させても実施例1の発光ダイオードと比較して平均輝度特性が 8%ほど良好であった。

【0068】(実施例4) 本願発明の発光ダイオードを図5のごとく LED表示器の 1つであるディスプレイに利用した。実施例1と同様にして形成させた発光ダイオードを側パネルを形成させたセラミックス基板上に、 $1.6 \times 1.6$  のマトリックス状に配置させた。基板と発光ダイオードとは自動ハンダ接続装置を用いてハンダ付けを行った。次にフェノール樹脂によって形成された筐体 504 内部に配線し固定させた。遮光部材 505 は、筐体と一緒に形成せざる。発光ダイオードの先端部を除いて筐体、発光ダイオード、基板及び遮光部材の一部をピグメントにより黒色に着色しシリコンゴム 406 によって充填させた。その後、常温、72 時間でシリコンゴムを硬化させ LED表示器を形成させた。この LED 表示器と、入力される表示データを一時的に記憶させる RAM (Random Access Memory) 及び ROM に記憶されるデータから発光ダイオードを所定の明るさに点灯させるための階調信号を演算する階調制御回路と階調制御回路の出力信号でオーバーライドされて発光ダイオードを点灯させるドライバーとを備えた CPU の駆動手段と、を電気的に接続させて LED表示装置を構成した。LED表示器を駆動させ白黒 LED表示装置として駆動できることを確認した。

【0069】(実施例5) 実施例5の発光ダイオードは、フォトoluminescence蛍光体として一般式 ( $\text{Y}_{0.2}\text{Gd}_{0.8}\text{Al}_5\text{O}_12 : \text{Ce}$ ) で表される蛍光体を用いた以外は、実施例1と同様にして発光ダイオードを 100 個形成させた。こうして得られた発光ダイオードの色度点 (平均値) は ( $x = 0.450$ ,  $y = 0.420$ ) であり電球色を発光することができた。また、実施例5の発光ダイオードは、実施例1の発光ダイオードと比較して輝度が約 40% 低くかった。しかし、寿命試験においては実施例1と同様に優れた耐候性を示していた。この実施例のフォトoluminescence蛍光体、LEDチップ及び発光ダイオードの各発光スペクトルを、図 11 (A)、(B)、(C) にそれぞれ示している。

【0070】(実施例6) 実施例6の発光ダイオードは、フォトoluminescence蛍光体として一般式  $\text{YAl}_5\text{O}_12$

12 : C<sub>e</sub>で表される蛍光体を用いた以外は、実施例1と同様にして発光ダイオードを100個形成させた。実施例6の発光ダイオードは、実施例1の発光ダイオードと比較してやや黄緑色がかった白色であった。しかし、寿命試験においては実施例1と同様に優れた耐候性を示していた。この実施例のフォトルミネセンス蛍光体、LEDチップ及び発光ダイオードの各発光スペクトルを、図12(A)、(B)、(C)に示している。

【0071】(実施例7) 実施例7の発光ダイオードは、フォトルミネセンス蛍光体として一般式Y<sub>s</sub>:(A<sub>1</sub>0.5G<sub>a</sub>(s))<sub>s</sub>O<sub>12</sub>:C<sub>e</sub>で表される蛍光体を用いた以外は、実施例1と同様にして発光ダイオードを100個形成させた。実施例7の発光ダイオードは、緑色がかっており輝度が低かった。しかし、寿命試験においては実施例1と同様に優れた耐候性を示していた。この実施例のフォトルミネセンス蛍光体、LEDチップ及び発光ダイオードの各発光スペクトルを、順番に図13(A)、(B)、(C)に示している。

【0072】(実施例8) 実施例8の発光ダイオードは、フォトルミネセンス蛍光体として一般式G<sub>d</sub>:(A<sub>10.5G<sub>a</sub>(s))<sub>s</sub>O<sub>12</sub>:C<sub>e</sub>で表されるY<sub>s</sub>を含まない蛍光体を用いた以外は、実施例1と同様にして発光ダイオードを100個形成させた。実施例8の発光ダイオードは、輝度が低いが、寿命試験において実施例1と同様に優れた耐候性を示していた。</sub>

【0073】(実施例9) 実施例9の発光ダイオードは、フォトルミネセンス蛍光体として一般式Y<sub>s</sub>:(A<sub>1</sub>n<sub>s</sub>O<sub>12</sub>:C<sub>e</sub>で表されるA<sub>1</sub>を含まない蛍光体を用いた以外は、実施例1と同様にして発光ダイオードを100個形成させた。実施例9の発光ダイオードは、輝度が低いが寿命試験において実施例1と同様に優れた耐候性を示していた。

#### 【0074】

【発明の効果】 本願発明の発光ダイオードは、窒化物系化合物半導体の発光素子と、セリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体や(Re<sub>1-x</sub>Sm<sub>x</sub>)<sub>s</sub>(Al<sub>1-y</sub>Ga<sub>y</sub>)<sub>s</sub>O<sub>12</sub>:C<sub>e</sub>蛍光体を組み合わせることにより長時間高輝度での使用においても発光効率が高い発光ダイオードを実現する。さらに、本願発明の発光ダイオードは、信頼性や省電力化、小型化さらには色温度の可変性など車載や航空産業、一般電気機器に表示の他に黒板として新たな用途を開くことができる。特に、本願発明に用いられるフォトルミネセンス蛍光体は、短波長であり120nsecという応答速度を有する光源などとして利用することもできる。また、発光色を白色にして、人間の目で長時間視認する場合には刺激が少なく目に優しい発光ダイオードとができる。さらに、LEDチップは単色性ピーク波長を有するといつてもある程度のスペクトル幅を持つため演色性が高い。広く光源として使用する場合には欠かせない長所

となる。即ち、発光ダイオードを用いてスペクトル幅の広いスキャナー用の光源などとすることもできる。

【0075】特に、本願発明の請求項1または3に記載の構成することにより高輝度、長時間の使用においても色ずれ、発光効率の低下が極めて少ない白色系が発光可能な発光ダイオードなど種々の発光ダイオードとすることができる。また、樹脂劣化に伴う輝度の低下も抑制させることができる。

【0076】本発明の請求項2又は請求項4の構成とすることにより、効率よく発光することができる。すなわち、一般に、蛍光体は短波長側から長波長側へ変換させた方が効率がよい。また、発光ダイオードにおいては紫外光が樹脂(モールド部材やコーティング部材に樹脂を用いた場合)を劣化させるために可視光の方が好ましい。本願発明は、可視光のうち短波長側の青色光を利用し、フォトルミネセンス蛍光体によってそれよりも長波長側の光に効率よく変換させることができる。さらに、変換された光はLEDチップから放出される光よりも長波長側(すなわち、蛍光体からの光エホルギーは、LEDチップのバンドギャップよりも小さく)になっている。そのため、フォトルミネセンス蛍光体などによって非発光観測面側であるマウント・リード側などに反射散乱されてLEDチップに吸収されにくい。そのためにはフォトルミネセンス蛍光体により変換された光が、LEDチップ側に向かったとしてもLEDチップに吸収されずマウント・リードのカップなどで反射せられ効率よく発光することができる。

【0077】本願発明の請求項5の構成とすることにより、高輝度、長時間の使用においても色ずれ、発光効率の低下が極めて少ない発光ダイオードなど種々の発光ダイオードとすることができる。また、発光ダイオードを複数接続して配置した場合においても他の発光ダイオードからの光により蛍光体が励起され疑似点灯されることを防止することができる。また、LEDチップ自体の発光むらを蛍光体により分散することができるため均一な発光光を有する発光ダイオードとすることができる。通常、LEDチップから放出される光は、LEDに電力を供給する電極を介して光が放出される。放出された光は、LEDチップに形成された電極の陰となる。電極により一定の不要な発光パターンをとる。そのため全方位的に均等に光を放出することができない。

本願発明は、フォトルミネセンス蛍光体によってLEDチップからの光を散乱させるため発光ダイオードから均一な発光をさせることができない発光パターンをとることはない。

【0078】本願発明の請求項6の構成とすることにより、より强度依存性の少ない発光ダイオードとすることができる。

【0079】本願発明の請求項7の構成とすることにより、比較的安価で高精度なLED表示装置や視認角面に

よって色むらの少ないLED表示装置とすることができます。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本願発明の発光ダイオードの模式的断面図である。

【図2】図2は、本願発明の他の発光ダイオードの模式的断面図である。

【図3】図3は、本願発明の発光ダイオードの発光スペクトルの一例を示した図である。

【図4】図4(A)は、本願発明に使用されるフォトルミネセンス蛍光体の吸収スペクトルの一例を示し、図4(B)は、本願発明に使用されるフォトルミネセンス蛍光体の発光スペクトルの一例を示した図である。

【図5】図5は、本願発明の発光ダイオードを用いたLED表示装置の模式図である。

【図6】図6は、図5に用いられるLED表示装置のブロック図である。

【図7】図7は、本願発明の発光ダイオードを用いた別のLED表示装置の模式図である。

【図8】図8(A)は、本願発明の実施例1と比較のために示した比較例1の発光ダイオードとの温度25°C 20mA通電における寿命試験を示し、図8(B)は、本願発明の実施例1と比較のために示した比較例1の発光ダイオードとの温度60°C 90%RH下で20mA通電における寿命試験を示したグラフである。

【図9】図9は、本願発明の発光ダイオードに加えRG Bがそれぞれ発光可能な発光ダイオードを一組素として配置させた表示装置の部分正面図である。

【図10】図10(A)は、(Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)<sub>2</sub>Al<sub>2</sub>O<sub>12</sub>:Ceで表される実施例2のフォトルミネッセンス蛍光体の発光スペクトルを示す。図10(B)は、主ピーク波長が450nmを有する実施例2のLEDチップの発光スペクトルを示す。図10(C)は、実施例2の発光ダイオードの発光スペクトルを示す。

【図11】図11(A)は、(Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)<sub>2</sub>Al<sub>2</sub>O<sub>12</sub>:Ceで表される実施例5のフォトルミネッセンス蛍光体の発光スペクトルを示す。図11(B)は、主ピーク波長が450nmを有する実施例5のLEDチップの発光スペクトルを示す。

発光スペクトルを示す。図11(C)は、実施例5の発光ダイオードの発光スペクトルを示す。

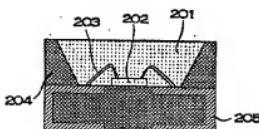
【図12】図12(A)は、Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>:Ceで表される実施例6のフォトルミネッセンス蛍光体の発光スペクトルを示す。図12(B)は、主ピーク波長が450nmを有する実施例6のLEDチップの発光スペクトルを示す。図12(C)は、実施例6の発光ダイオードの発光スペクトルを示す。

【図13】図13(A)は、Y<sub>3</sub>(Al<sub>10</sub>SiGa<sub>5</sub>O<sub>18</sub>)<sub>2</sub>O<sub>12</sub>:Ceで表される実施例7のフォトルミネッセンス蛍光体の発光スペクトルを示す。図13(B)は、主ピーク波長が450nmを有する実施例7のLEDチップの発光スペクトルを示す。図13(C)は、実施例7の発光ダイオードの発光スペクトルを示す。

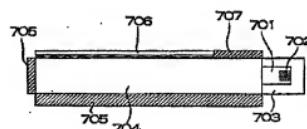
【符号の説明】

- 10 101, 701... フォトルミネセンスが含有されたコーティング部
- 102, 202, 702... LEDチップ
- 103, 203... 导電性ワイヤー
- 20 104... モールド部材
- 105... マウント・リード
- 106... インナー・リード
- 201... フォトルミネセンスが含有されたモールド部材
- 204... 管体
- 205... 管体に設けられた電極
- 501... 発光ダイオード
- 504... 管体
- 505... 遮光部材
- 30 506... 充填材
- 601... LED表示器
- 602... ドライバー
- 603... RAM
- 604... 調節制御手段
- 703... 金属製基板
- 704... 増光板
- 705, 707... 反射部材
- 706... 散乱シート

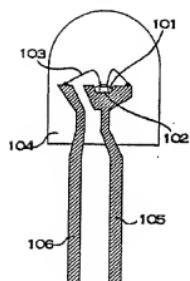
【図2】



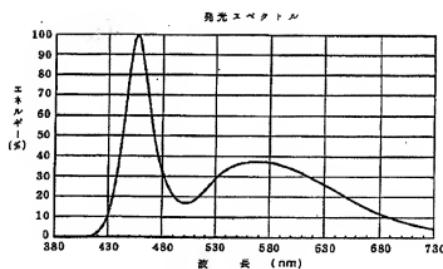
【図7】



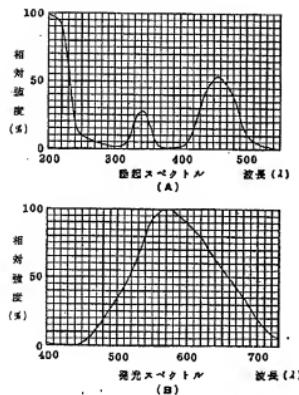
【図1】



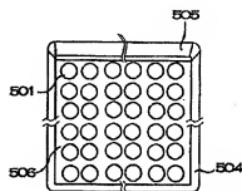
【図2】



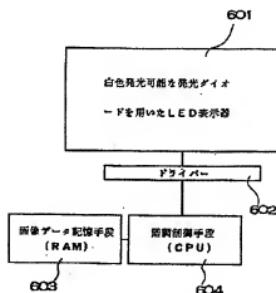
【図4】



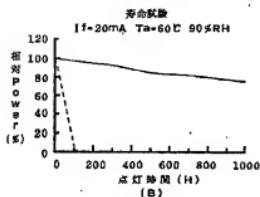
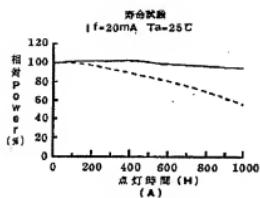
【図5】



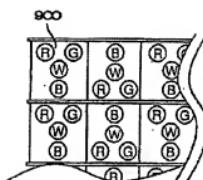
【図6】



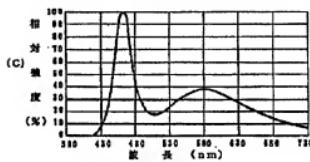
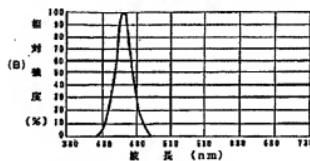
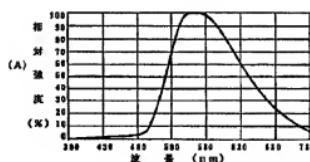
[図8]



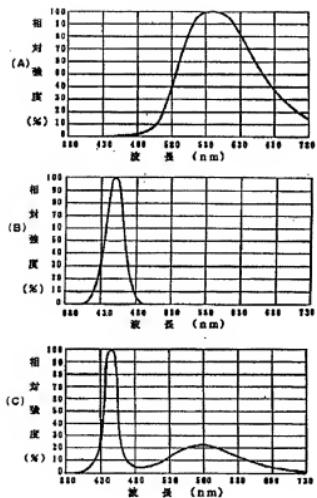
[図9]



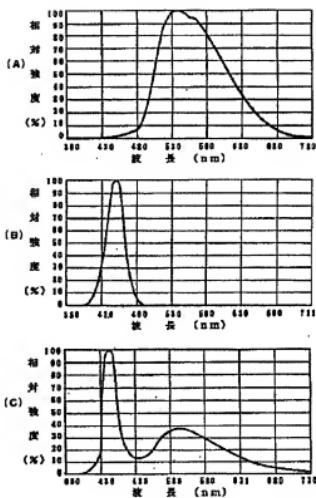
[図10]



【図11】



【図12】



【図13】

